

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **2001-349201**

(43)Date of publication of application : **21.12.2001**

(51)Int.Cl.

**F01D 5/28**

**G23C 4/00**

**F01D 5/18**

(21)Application number : **2000-170141**

(71)Applicant : **HODEN SEIMITSU KAKO KENKYUSHO LTD**

**MITSUBISHI HEAVY IND LTD**

(22)Date of filing : **07.06.2000**

(72)Inventor : **ENDO YASUHIKO**

**ICHIKAWA TADAO**

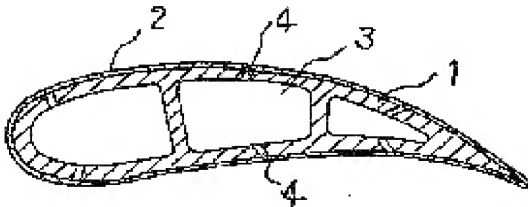
**YAMAGUCHI KENGO**

## (54) EXECUTION WORK METHOD OF HEAT INSULATING COVERING OF GAS TURBINE BLADE HAVING COOLING HOLE

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a method for executing a TBC on a surface of a gas turbine blade having a cooling hole.

**SOLUTION:** Packing having a means removable later is filled in the cooling hole of the gas turbine blade having the cooling hole, a backing metallic layer is formed on the surface of the packing-applied gas turbine blade by thermal spraying, a heat insulating covering is formed on a surface of this backing metallic layer by thermally spraying a ceramic material mainly composed of zirconia, and blocking-up of the cooling hole is prevented by lastly removing the packing.



\* NOTICES \*

**JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

## CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1]A cooling hole of a gas turbine vane which has a cooling hole is filled up with stuffing which has a means which can be removed behind, Carry out thermal spraying of the substrate metal layer to the surface of a gas turbine vane filled up with said stuffing, and it is formed in it, An execution method of thermal insulation covering of a gas turbine vane which has a cooling hole preventing a blockade of said cooling hole by carrying out thermal spraying of the charge of a ceramic material which uses zirconia as the main ingredients to the surface of this substrate metal layer, forming thermal insulation covering in it, and finally removing said stuffing.

[Claim 2]An execution method of thermal insulation covering of a gas turbine vane which has the cooling hole according to claim 1 forming with material carbonized when stuffing is heated in a carbonaceous material and/or a non-oxidizing atmosphere.

[Claim 3]An execution method of thermal insulation covering of a gas turbine vane which has the cooling hole according to claim 2 carrying out blast processing of the surface of a gas turbine vane which should carry out thermal insulation covering after hardness of a carbonaceous material after carbonizing a carbonaceous material and/or material to carbonize is filled up with stuffing which is size, respectively.

[Claim 4]An execution method of thermal insulation covering of a gas turbine vane which has the cooling hole according to claim 2 or 3 forming by a charge of a wood ceramic material with which wood or a cane was impregnated in phenol resin, and which carbonized a carbonaceous material after hardening.

[Claim 5]An execution method of thermal insulation covering of a gas turbine vane which has the cooling hole according to any one of claims 2 to 4 carrying out thermal spraying after forming stuffing with the paste which mixed phenol resin and carbonaceous powder and carrying out heat cure of said phenol resin.

[Claim 6]An execution method of thermal insulation covering of a gas turbine vane which has the cooling hole according to any one of claims 2 to 5 forming stuffing by a rod-like structure which consists of a paste which mixes phenol resin or phenol resin, and carbonaceous powder, and a charge of a wood ceramic material.

[Claim 7]An execution method of thermal insulation covering of a gas turbine vane which has the cooling hole according to claim 5 or 6 mixing an additive which can prevent a flow which this paste gives to a paste.

[Claim 8]An execution method of thermal insulation covering of a gas turbine vane which has the cooling hole according to any one of claims 2 to 7 making a means which can be removed behind into a means to which oxidation combustion of the carbonaceous material is carried out.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention on the surface of the gas turbine vane which has a cooling hole (cooling air is blown off and overheating of a turbine blade is prevented with the film of air) of two or more detailed diameters. It is related with the method of constructing efficiently thermal insulation covering (it is described as Thermal Barrier Coating and the following "TBC"), without making these cooling holes blockade.

[0002]

[Description of the Prior Art] Drawing 1 is an important section cross-sectional view showing an example of the gas turbine vane which is an object of this invention. In drawing 1, since the gas turbine vane 1 is put to hot gas in an outside surface, it is manufactured, for example with a Ni group alloy or a heat-resistant alloy like a Co base alloy, and carries out the plasma metal spray of the charge of a ceramic material which uses zirconia as the main ingredients to the surface, and forms TBC2 in it.

[0003] Two or more channels 3 are established in the inside of the gas turbine vane 1, and from these channels 3 and two or more cooling holes 4 open for free passage, and he makes compressed air etc. blow off from the cooling hole 4, and is trying to form a cooling film in the surface of TBC2. In this case, the thickness (\*\*\*\*\*) size of TBC2 is formed in 0.2–0.7 mm, and the diameter dimension of the cooling hole 4 is formed in 0.8–1.2 mm, for example.

[0004] After facing manufacturing the above gas turbine vanes 1 and forming TBC2 in the surface of the gas turbine vane 1 beforehand, the electric discharge machining method which processes the cooling hole 4 is proposed by JP,63-150109,A and JP,8-229740,A.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, the above-mentioned conventional method is inapplicable also to the method of reproduction construction when reusing the gas turbine vane with a cooling hole which could not apply a cooling hole to the execution method of TBC processed previously, and was already used once.

[0006] Namely, before forming TBC2 in the surface of the gas turbine vane 1, it is comparatively easy to process the cooling hole 4, but. Since a thermal spray material will advance into the cooling hole 4 and these cooling holes 4 will be blockaded when forming TBC2 in the gas turbine vane 1 which has the detailed cooling hole 4 by thermal spraying, it is necessary to mask the cooling hole 4. However, construction of masking which bears the high temperature atmosphere of blast processing of a ground and thermal spraying is not easy, and there is a problem that the removing method of masking which should be formed in the surface of the gas turbine vane 1 is not known. That is, what can be used as a masking material which can be used since the cooling hole 4 is blockaded is not known, and there is a problem that removal of the masking material after forming TBC2 is difficult, and removal of a masking material cannot be performed depending on the case.

[0007] This invention solves the problem which exists in the above conventional technologies, and makes it a technical problem to provide the method of constructing TBC efficiently on the surface of the gas turbine vane which has a cooling hole.

[0008]

[Means for Solving the Problem] In this invention in order to solve the above-mentioned technical problem,

A cooling hole of a gas turbine vane which has a cooling hole is filled up with stuffing which has a means which can be removed behind, Thermal spraying of the substrate metal layer was carried out to the surface of a gas turbine vane filled up with said stuffing, it was formed in it, thermal spraying of the charge of a ceramic material which uses zirconia as the main ingredients on the surface of this substrate metal layer was carried out, thermal insulation covering was formed, and technical means of preventing a blockade of said cooling hole were adopted by finally removing said stuffing.

[0009]In this invention, it can form with material carbonized when stuffing is heated in a carbonaceous material and/or a non-oxidizing atmosphere.

[0010]In the above-mentioned invention, after hardness of a carbonaceous material after carbonizing a carbonaceous material and/or material to carbonize is filled up with stuffing which is size, respectively, blast processing of the Shimoji surface of a gas turbine vane which should carry out thermal insulation covering can be carried out.

[0011]In the above-mentioned invention, it may form by a charge of a wood ceramic material with which wood or a cane was impregnated in phenol resin and which carbonized a carbonaceous material after hardening.

[0012]In the above-mentioned invention, stuffing is formed with the paste which mixed phenol resin and carbonaceous powder, and thermal spraying can be carried out, after carrying out heat cure of said phenol resin.

[0013]In the above-mentioned invention, stuffing can be formed by a rod-like structure which consists of a paste which mixes phenol resin or phenol resin, and carbonaceous powder, and a charge of a wood ceramic material.

[0014]Next, in the above-mentioned invention, an additive which can prevent a flow which this paste gives to a paste is mixable.

[0015]A means which can be removed behind can be made into a means to which oxidation combustion of the carbonaceous material is carried out in the above-mentioned invention.

[0016]Usually, before constructing a substrate metal layer by LPPS (low-pressure plasma spraying), in order to secure adhesion with a substrate of this substrate metal layer, blast processing of the surface of a gas turbine vane is carried out. In order to form TBC which consists of zirconia on the above-mentioned substrate metal layer, plasma flame thermal spraying by non-oxidizing gases, such as argon, is usually adopted.

[0017]Therefore, you are made to remain stuffing at the time of construction of a substrate metal layer and TBC, if stuffing is the material carbonized in a carbonaceous material or a non-oxidizing atmosphere, without making it burn and disappear. a carbonaceous material used for stuffing and material heated and carbonized -- hardness -- size -- material and hardness -- size -- stuffing can be prevented from being exhausted by wear on the occasion of blast processing or thermal spraying if what becomes carbide is chosen.

[0018]Even if it is the same carbonaceous material, black lead is soft and it is easy to wear out, but since carbide of phenol resin and wood ceramics with which wood and a cane were impregnated and which carbonized phenol resin are hard carbonaceous materials, it is not easily worn out at the time of a blast.

[0019]On the other hand, each of alloys of a gas turbine vane, and thermal-spraying substrate metal layers

and TBC consist of material which does not carry out oxidation damage even if it heats to 800 \*\* in the air. Therefore, by heating a gas turbine vane after giving stuffing and constructing TBC at 650–800 \*\* in the air, stuffing which consists of carbonaceous materials is burned and it can remove.

[0020]

[Embodiment of the Invention]The 100 mm squares which consist of Ni-based-superalloy Inconel 738LC which is an example of the component of a gas turbine vane first, Press fit immobilization of the stuffing which provides plurality in a plate with a width dimension of 5 mm, for example in the lengthwise direction pitch of 5 mm and the transverse direction pitch of 15 mm, and becomes from five kinds of materials shown in the following table 1 at these inclination holes at it about an inclination hole (angle of inclination of 35 degrees to a plane surface) 1.0 mm in diameter was carried out.

[0021]

[Table 1]

実施例 No.	内 容
1	ウッドセラミックスの棒状体
2	フェノール樹脂含浸強化木の棒状体
3	1にフェノール樹脂を塗布
4	1にフェノール樹脂を含浸、塗布
5	2にフェノール樹脂を含浸、塗布

[0022]In Table 1, a willow toothpick is used, impregnating postcure of the densified wood is carried out under decompression of aqueous phenol resin, it is made, and wood ceramics inserts in the rod-like structure of densified wood in a crucible with charcoal powder, and carries out 2hr heating carbonization at 600 \*\* at the rod-like structure of example No.1 and 2.

[0023]After carrying out surface roughening of the monotonous surface which carried out press fit immobilization of the stuffing to an inclination hole by blast processing as mentioned above, CoNiCrAlY is formed in a thickness of 0.1 mm by LPPS (Low Pressure Plasma Spray) as a substrate metal layer (thermal-spraying temperature of 1000–1500 \*\*), Subsequently, the plasma metal spray of the TBC layer which consists of zirconia ( $ZrO_2$ ) stable by  $Y_2O_3$  was carried out to a thickness of 0.3 mm (thermal-spraying temperature of 2000–3000 \*\*).

[0024]Since atmosphere is among an anoxia state or the high temperature atmosphere which mainly consists of a non-oxidizing gas at the time of the above-mentioned thermal spraying, the stuffing which carried out press fit immobilization into the inclination hole does not burn, but densified wood and phenol resin stop only at carbonizing. After thermal spraying, the plate was heated in an air atmosphere, stuffing (700 \*\*, 1hr) was burned, and it removed.

[0025]When the plate after the above-mentioned thermal-spraying processing was cut and the cooling hole was observed, stuffing did not remain in the inclination hole but, as for what is depended on example No.2 and 5, the phenomenon in which a substrate metal layer and TBC invaded in part also in an inclination hole was seen. In order to contract in the process which stuffing and phenol resin carbonize during the above-mentioned processing, the fixing force between the inner surfaces of an inclination hole is insufficient for this, and it is presumed to have dropped out of the inclination hole. Although what is

depended on example No.1 had little contraction [ as / in above-mentioned example No.2 and 5 ], there were few rates of the stuffing which remains because of shortage of the fixing force between inclination holes.

[0026] On the other hand, the thing to depend on example No.3 and 4, Between inclination holes, the phenol resin applied or impregnated on the surface of stuffing acted as adhesives, and carbonized and stopped with heating in a vacuum, having maintained the fixing force of stuffing and having remained in an inclination hole was admitted, and it was checked that it is effective as stuffing of an inclination hole. As a result of carrying out micro observation of the vertical section of an inclination hole, invasion into the inclination hole of said thermal spray material was not accepted. When the inside of the cooling hole after heating a plate at 700 \*\* in the air for 1 hour was investigated, all the stuffing of carbonaceous had burned and disappeared.

[0027] Next, the result of having carried out press fit immobilization of the various stuffing, and having performed thermal spraying to the gas turbine vane of the shape shown in drawing 2 is described. Drawing 2 is an important section top view showing an example of the gas turbine vane which consists of Ni-group-alloy Inconel 738LC, It is formed in the width dimension of about 130 mm, and about 250 mm in overall length, for example, the cooling hole 4 0.8-0.9 mm in diameter does not have the 1st row, and two or more the 5th row of gas turbine vanes 1 are formed in 11-15. It press-fit-fixed or these cooling holes 4 were filled up with the stuffing which consists of seven kinds of materials shown in the following table 2.

[0028]

[Table 2]

実施例 No.	内 容
1 1	ウッドセラミックス棒状体の表面に大粘度のペーストを塗布
1 2	ウッドセラミックス棒状体の表面に中粘度のペーストを塗布
1 3	最も大粘度のペースト
1 4	大粘度のペースト
1 5	ウッドセラミックス棒状体
1 6	ウッドセラミックス棒状体の表面にフェノール樹脂を塗布
1 7	ウッドセラミックス棒状体の表面に軟粘度のペーストを塗布

[0029] The wood ceramics rod-like structure with which the examination of Table 2 was presented buries to charcoal powder, carries out 1hr maintenance and makes 600 \*\* to impregnate a willow toothpick with aqueosity phenol resin (product made from Sumitomo DEYURESU SUMIRAITO resin PR5078-1), and carbonize phenol resin after heat cure.

[0030] The paste used what added said aqueosity phenol resin to the charcoal powder which broke the commercial Bincho charcoal (hard charcoal) in the mortar, and was kneaded at ordinary temperature. The hardness (viscosity) of a paste is adjusted with the mixed amount of phenol resin, for example, hydroxyethyl cellulose 20 weight section and about 25 weight sections of aqueosity phenol resin mix the paste of large viscosity to Bincho charcoal powder 100 weight section most. Next, the paste of large viscosity, inside viscosity, and \*\*\*\*\* adds aqueosity phenol resin to the aforementioned paste one by one, and lowers viscosity, and the paste of large viscosity shows the viscosity about a "kneading candy." The hydroxyethyl cellulose was mixed for the paste and the "lappet" after construction of a paste was prevented to it.

[0031] Since the above-mentioned wood ceramics rod-like structure is made from the willow toothpick and it has become a taper, it can press fit in all of the cooling hole where sizes differ, and an excessive portion can be folded and removed. The paste applied to the above-mentioned rod-like structure can carry out the mask of TBC being constructed to the portion to which it could be made to adhere so that it may heap up around a cooling hole, and the paste adhered.

[0032] The distributive-pouring machine made from the plastic of 0.2-ml capacity was filled up with the paste, and it extrudes by hand and was made to fill up with the example of example No.13 which formed stuffing only with a paste, and 14 in a cooling hole.

[0033] It faced press-fit-fixing or filling up the cooling hole 4 of the gas turbine vane 1 shown in drawing 2 with the stuffing formed as mentioned above, example No.11 and 12 [ row / 1st ] were respectively addressing[ more than to half / about ]-constructed to the right and left of 11, and example No.13 and 14 [ row / 2nd ] were respectively addressing[ more than to half / about ]-constructed to the right and left of 12. Example No.15 - 17 [ row / 3-5th ] carried out press fit immobilization 13-15, respectively. After press-fit-fixing as mentioned above or filling up the cooling hole 4 with stuffing, phenol resin was stiffened by carrying out 2hr maintenance of the gas turbine vane 1 at 120 \*\*.

[0034] After carrying out blast processing of the surface which constructs TBC similarly in said Examples 1-5 to the gas turbine vane 1 which gave the above-mentioned stuffing and performing predetermined thermal-spraying processing, it heated in the air and combustion removing of the stuffing (700 \*\*, 1hr) was carried out. The state which constructed stuffing for the masking effect of the cooling hole 4 by stuffing, the state which constructed TBC, and stuffing were evaluated, respectively, where combustion removing is carried out.

[0035] In Examples 11 and 12, although the paste applied to the rod-like structure adhered to the circumference of the cooling hole unequally and the tendency united with the paste of the cooling hole which sometimes adjoins was accepted, it has a function of stuffing made into the purpose.

[0036] Although the thing of Examples 13 and 14 uses only a paste as the stuffing of a cooling hole, Although control of the injection rate of the paste to a cooling hole was difficult, since the hydroxyethyl cellulose was mixed, the lappet of a paste is not accepted but it has the target function mostly as stuffing of a cooling hole.

[0037] Next, in the stuffing which pressed fit only the rod-like structure of the wood ceramics of Example 15, the same result as the thing of the above-mentioned Example 1 was brought, the rod-like structure fell out, and many \*\* were accepted. On the other hand, in Example 16, by having applied phenol resin on the surface of the rod-like structure, the above fell out and the phenomenon was able to be prevented.

[0038] In the example which used the soft paste of Example 17 together, it can change into the state where the paste was moderately dished up around the cooling hole pressed fit, and construction is easy, and it has a function of the purpose as stuffing.

[0039] In the above-mentioned example, although the example which uses a willow toothpick was described as a material which forms a wood ceramics rod-like structure, a cane may be used in addition to this, and also other wood can be used. When the intensity after considering it as a wood ceramics rod-like structure is taken into consideration, the wood which becomes hard charcoal like oak material is good, and also since the cooling hole is a diameter of a stoma, it is preferred to use the toothpick of a taper, a bamboo skewer, etc. for a raw material.

[0040]As carbonaceous powder which should be mixed during a paste, it is not limited to Bincho charcoal powder, but the powder of other carbonaceous materials can be used, and resin is good in it being material with much carbon residue, when it heats in a non-oxidizing atmosphere like phenol resin. As for the stuffing of a cooling hole, in order to avoid wear by blast processing, it is preferred to use the carbonaceous material which is hardness like wood ceramics and as for which size becomes.

[0041]

[Effect of the Invention]Since this invention has above-mentioned composition and operation, it can process a cooling hole before construction of TBC when manufacturing the gas turbine vane which has a cooling hole, and. Re-construction of TBC can be performed to the gas turbine vane with a cooling hole used once, and it is effective in the ability to construct quality TBC to a gas turbine vane.

[0042]If a carbonaceous rod-like structure and a paste are used together, construction of stuffing becomes easy, and applies the paste to the inclined plane not to provide TBC of the cooling hole lower stream in, and the cooling unit which does not construct TBC can be formed.

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1]It is an important section cross-sectional view showing an example of the gas turbine vane which is an object of this invention.

[Drawing 2]It is an important section top view showing an example of a gas turbine vane.

[Description of Notations]

- 1 Gas turbine vane
  - 2 TBC
  - 3 Channel
  - 4 Cooling hole
- 

[Translation done.]



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2001-349201  
(P2001-349201A)

(43)公開日 平成13年12月21日(2001.12.21)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームコード*(参考)
F 0 1 D 5/28		F 0 1 D 5/28	3 G 0 0 2
C 2 3 C 4/00		C 2 3 C 4/00	4 K 0 3 1
F 0 1 D 5/18		F 0 1 D 5/18	

審査請求 未請求 請求項の数8 O L (全 6 頁)

(21)出願番号 特願2000-170141(P2000-170141)

(22)出願日 平成12年6月7日(2000.6.7)

(71)出願人 000154794

株式会社放電精密加工研究所  
神奈川県厚木市飯山3110番地

(71)出願人 000006208

三菱重工業株式会社  
東京都千代田区丸の内二丁目5番1号

(72)発明者 遠藤 康彦

神奈川県厚木市飯山3110番地 株式会社放  
電精密加工研究所内

(74)代理人 100074848

弁理士 森田 寛 (外1名)

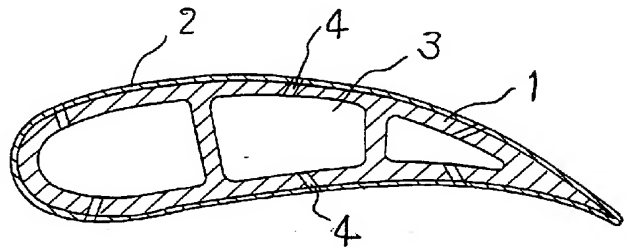
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 冷却孔を有するガスタービン翼の遮熱被覆の施工方法

(57)【要約】

【課題】 冷却孔を有するガスタービン翼の表面にT B Cを施工する方法を提供する。

【解決手段】 冷却孔を有するガスタービン翼の冷却孔に、後において除去し得る手段を有する詰物を充填し、前記詰物を施したガスタービン翼の表面に下地金属層を溶射して形成し、この下地金属層の表面にジルコニアを主成分とするセラミック材料を溶射して遮熱被覆を形成し、最後に前記詰物を除去することにより前記冷却孔の閉塞を防止する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 冷却孔を有するガスタービン翼の冷却孔に、後において除去し得る手段を有する詰物を充填し、前記詰物を充填したガスタービン翼の表面に下地金属層を溶射して形成し、この下地金属層の表面にジルコニアを主成分とするセラミック材料を溶射して遮熱被覆を形成し、最後に前記詰物を除去することにより前記冷却孔の閉塞を防止することを特徴とする冷却孔を有するガスタービン翼の遮熱被覆の施工方法。

【請求項 2】 詰物を炭素質材料および／または非酸化性雰囲気中で加熱したときに炭化する材料によって形成することを特徴とする請求項 1 に記載の冷却孔を有するガスタービン翼の遮熱被覆の施工方法。

【請求項 3】 炭素質材料および／または炭化する材料を炭化させた後の炭素質材料の硬さが夫々大である詰物を充填してから遮熱被覆すべきガスタービン翼の表面をプラスト処理することを特徴とする請求項 2 に記載の冷却孔を有するガスタービン翼の遮熱被覆の施工方法。

【請求項 4】 炭素質材料を木材または竹材にフェノール樹脂を含浸して硬化後炭化させたウッドセラミック材料によって形成したことを特徴とする請求項 2 または 3 に記載の冷却孔を有するガスタービン翼の遮熱被覆の施工方法。

【請求項 5】 詰物をフェノール樹脂と炭素質粉末とを混合したペーストによって形成し、前記フェノール樹脂を加熱硬化させた後に溶射することを特徴とする請求項 2 ないし 4 の何れかに記載の冷却孔を有するガスタービン翼の遮熱被覆の施工方法。

【請求項 6】 詰物をフェノール樹脂またはフェノール樹脂と炭素質粉末とを混合してなるペーストとウッドセラミック材料からなる棒状体とで形成することを特徴とする請求項 2 ないし 5 の何れかに記載の冷却孔を有するガスタービン翼の遮熱被覆の施工方法。

【請求項 7】 ペーストにこのペーストが垂れる流動を防止し得る添加物を混合することを特徴とする請求項 5 または 6 に記載の冷却孔を有するガスタービン翼の遮熱被覆の施工方法。

【請求項 8】 後において除去し得る手段を炭素質材料を酸化燃焼させる手段とすることを特徴とする請求項 2 ないし 7 の何れかに記載の冷却孔を有するガスタービン翼の遮熱被覆の施工方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、複数個の微細直径の冷却孔（冷却空気を吹き出して空気のフィルムでタービン翼の過熱を防ぐ）を有するガスタービン翼の表面に、これらの冷却孔を閉塞させることなく遮熱被覆（Thermal Barrier Coating、以下「TBC」と記述する）を効率的に施工する方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】図 1 は本発明の対象であるガスタービン翼の一例を示す要部横断面図である。図 1 において、ガスタービン翼 1 は外表面を高温のガスに曝されるため、例えば Ni 基合金または Co 基合金のような耐熱合金によって製造されると共に、その表面に例えばジルコニアを主成分とするセラミック材料をプラズマ溶射して、TBC2 を形成する。

【0003】ガスタービン翼 1 の内部には複数個の流路 3 を設けると共に、これらの流路 3 と連通する複数個の冷却孔 4 を設けて、冷却孔 4 から圧縮空気等を噴出させ、TBC2 の表面に冷却フィルムを形成するようにしている。この場合、TBC2 の厚さ（含下地層）寸法は、例えば 0.2 ～ 0.7 mm に、冷却孔 4 の直径寸法は、例えば 0.8 ～ 1.2 mm に形成される。

【0004】上記のようなガスタービン翼 1 を製作するに際して、ガスタービン翼 1 の表面に予め TBC2 を形成した後において、冷却孔 4 を加工する放電加工方法が特開昭 63-150109 号公報および特開平 8-229740 号公報に提案されている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来の方法は、冷却孔を先に加工する TBC の施工方法には適用できず、また既に一度使用された冷却孔付きのガスタービン翼を再利用するときの再生施工の方法にも適用できない。

【0006】すなわち、ガスタービン翼 1 の表面に TBC2 を形成する前に冷却孔 4 を加工することは比較的容易であるが、微細な冷却孔 4 を有するガスタービン翼 1 に TBC2 を溶射によって形成する場合には、冷却孔 4 内に溶射材料が進入してこれらの冷却孔 4 を閉塞することとなるため、冷却孔 4 をマスキングする必要がある。しかしながら、下地のプラスト処理と溶射の高温雰囲気耐えるマスキングの施工が容易でなく、ガスタービン翼 1 の表面に形成すべきマスキングの除去方法が知られていないという問題点がある。すなわち、冷却孔 4 を閉塞するために使用できるマスキング材として使えるものが知られていないと共に、TBC2 を形成した後におけるマスキング材の除去が難しく、場合によってはマスキング材の除去ができないという問題点がある。

【0007】本発明は、上記のような従来技術に存在する問題点を解決し、冷却孔を有するガスタービン翼の表面に効率的に TBC を施工する方法を提供することを課題とする。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するために、本発明においては、冷却孔を有するガスタービン翼の冷却孔に、後において除去し得る手段を有する詰物を充填し、前記詰物を充填したガスタービン翼の表面に下地金属層を溶射して形成し、この下地金属層の表面に

ジルコニアを主成分とするセラミック材料を溶射して遮熱被覆を形成し、最後に前記詰物を除去することにより前記冷却孔の閉塞を防止する、という技術的手段を採用した。

【0009】本発明において、詰物を炭素質材料および／または非酸化性雰囲気中で加熱したときに炭化する材料によって形成することができる。

【0010】上記の発明において、炭素質材料および／または炭化する材料を炭化させた後の炭素質材料の硬さが夫々大である詰物を充填してから遮熱被覆すべきガスタービン翼の下地表面をブラスト処理することができる。

【0011】また上記の発明において、炭素質材料を木材または竹材にフェノール樹脂を含浸して硬化後炭化させたウッドセラミック材料によって形成してもよい。

【0012】更に上記の発明において、詰物をフェノール樹脂と炭素質粉末とを混合したペーストによって形成し、前記フェノール樹脂を加熱硬化させた後に溶射することができる。

【0013】また更に上記の発明において、詰物をフェノール樹脂またはフェノール樹脂と炭素質粉末とを混合してなるペーストとウッドセラミック材料からなる棒状体とで形成することができる。

【0014】次に上記の発明において、ペーストにこのペーストが垂れる流動を防止し得る添加物を混合することができる。

【0015】なお上記の発明において、後において除去し得る手段を炭素質材料を酸化燃焼させる手段とすることができる。

【0016】通常、下地金属層をLPPS（低圧プラズマプレー）で施工する前に、この下地金属層の基材との密着性を確保するため、ガスタービン翼の表面をブラ

スト処理している。また上記下地金属層の上に、ジルコニアからなるTBCを形成するには、通常アルゴンなどの非酸化性ガスによるプラズマフレーム溶射が採用されている。

【0017】従って、詰物が炭素質材料または非酸化性雰囲気中で炭化する材料であれば、下地金属層およびTBCの施工時に、燃焼して消失させることなく詰物を残留させられる。更に、詰物に使う炭素質材料や加熱して炭化する材料に硬度の大なる材料や、硬度の大なる炭化物になるものを選んでおくと、ブラスト処理や溶射に際して詰物が摩耗によって消耗するのを防止できる。

【0018】同じ炭素質材料であっても例えば黒鉛は軟らかくて摩耗し易いが、フェノール樹脂の炭化物や、フェノール樹脂を木材や竹材に含浸して炭化したウッドセラミックスは、硬い炭素質材料であるのでブラスト時においても摩耗しにくい。

【0019】一方、ガスタービン翼の合金材や、溶射下地金属層、TBCはいずれも空気中で800℃まで加熱しても酸化損傷しない材料からなる。従って、詰物を施してTBCを施工した後のガスタービン翼を、空気中で650～800℃に加熱することにより、炭素質材料からなる詰物を燃焼させて除去することができる。

【0020】

【発明の実施の形態】まずガスタービン翼の構成材料の一例であるNi基超合金Inconel 738LCからなる100mm角、厚さ寸法5mmの平板に、直径1.0mmの傾斜孔（平板表面に対する傾斜角35°）を、例えば縦方向ピッチ5mm、横方向ピッチ15mmで複数個を設け、これらの傾斜孔に下記表1に示す5種類の材料からなる詰物を圧入固定した。

【0021】

【表1】

実施例 No.	内 容
1	ウッドセラミックスの棒状体
2	フェノール樹脂含浸強化木の棒状体
3	1にフェノール樹脂を塗布
4	1にフェノール樹脂を含浸、塗布
5	2にフェノール樹脂を含浸、塗布

【0022】表1において、実施例No. 1, 2の棒状体には、柳楊枝を利用し、強化木は水性フェノール樹脂を減圧下で含浸後硬化させて作り、ウッドセラミックスは、強化木の棒状体を炭粉と共にるつぼ内に装入し、600℃で2hr加熱炭化したものである。

【0023】上記のように傾斜孔に詰物を圧入固定した平板の表面をブラスト処理により粗面化した後、下地金属層としてCoNiCrAlYをLPPS（Low Pressure Plasma Spray）により0.

1mmの厚さに形成し（溶射温度1000～1500℃）、次いでY<sub>2</sub>O<sub>3</sub>で安定化したジルコニア（ZrO<sub>2</sub>）からなるTBC層を0.3mmの厚さにプラズマ溶射した（溶射温度2000～3000℃）。

【0024】上記の溶射時においては、雰囲気が無酸素状態または主に非酸化性ガスからなる高温雰囲気中であるため、傾斜孔中に圧入固定した詰物は燃焼せず、強化木およびフェノール樹脂は炭化するのみに留まる。溶射後に平板を空気雰囲気中で加熱し（700℃、1hr）

詰物を燃焼させて除去した。

【0025】上記溶射処理後の平板を切断して冷却孔を観察したところ、実施例No. 2, 5によるものは、詰物が傾斜孔内に残存せず、傾斜孔内にも一部下地金属層およびTBCが侵入する現象が見られた。これは上記処理中に詰物およびフェノール樹脂が炭化する過程において収縮するため、傾斜孔の内面との間における固着力が不足し、傾斜孔から脱落したものと推定される。また実施例No. 1によるものは、上記実施例No. 2, 5におけるような収縮が少ないものの、傾斜孔との間の固着力の不足のため、残存する詰物の割合が少なかった。

【0026】これに対して、実施例No. 3, 4によるものは、詰物の表面に塗布または含浸されたフェノール樹脂が、傾斜孔との間において接着剤として作用し、かつ真空中における加熱によって炭化して留まり、詰物の固着力を維持して傾斜孔内に残存していることが認められ、傾斜孔の詰物として有効であることが確認された。

実施例 No.	内 容
11	ウッドセラミックス棒状体の表面に大粘度のペーストを塗布
12	ウッドセラミックス棒状体の表面に中粘度のペーストを塗布
13	最も大粘度のペースト
14	大粘度のペースト
15	ウッドセラミックス棒状体
16	ウッドセラミックス棒状体の表面にフェノール樹脂を塗布
17	ウッドセラミックス棒状体の表面に軟粘度のペーストを塗布

【0029】表2の試験に供したウッドセラミックス棒状体は、柳楊枝に水性フェノール樹脂（住友デュレス製 スミライトレジンPR5078-1）を含浸させ、フェノール樹脂を加熱硬化後、炭粉に埋めて600℃に1hr保持して炭化させたものである。

【0030】ペーストは、市販の備長炭（硬い炭）を乳鉢中で砕いた炭粉に、前記水性フェノール樹脂を加えて常温で混練したものを使用した。ペーストの硬さ（粘度）はフェノール樹脂の混合量で調整したものであり、例えば最も大粘度のペーストは、備長炭粉100重量部に対して、ヒドロキシエチルセルローズ20重量部と水性フェノール樹脂約25重量部混合したものである。次に大粘度、中粘度、軟粘度のペーストは、前記のペーストに逐次水性フェノール樹脂を追加して粘度を下げたものであり、大粘度のペーストは「練り飴」程度の粘度を示すものである。なおペーストにはヒドロキシエチルセルローズを混合して、ペーストの施工後における「垂れ」を防止した。

【0031】上記のウッドセラミックス棒状体は、柳楊枝を素材としていて先細になっているので、寸法の異なる冷却孔の何れにも圧入することができ、余分な部分は折って取除くことができる。また、上記棒状体に塗布し

また、傾斜孔の縦断面をミクロ観察した結果、前記溶射材料の傾斜孔内への侵入は認められなかった。平板を空气中で700℃に1時間加熱した後の冷却孔の内部を調べたところ、炭素質の詰物はすべて燃焼して消失していた。

【0027】次に図2に示す形状のガスタービン翼に種々の詰物を圧入固定して溶射を行なった結果について記述する。図2はNi基合金Inconel 738LCからなるガスタービン翼の一例を示す要部平面図であり、ガスタービン翼1は幅寸法約130mm、全長約250mmに形成され、例えば直径0.8～0.9mmの冷却孔4が第1列ないし第5列11～15に複数個設けられている。これらの冷却孔4に下記表2に示す7種類の材料からなる詰物を圧入固定または充填した。

【0028】

【表2】

たペーストは、冷却孔の周辺に盛り上げるように付着させることができ、ペーストが付着した部分にTBCが施工されるのをマスクすることができる。

【0032】また、詰物をペーストのみによって形成した実施例No. 13, 14の例では、0.2ml容量のプラスチック製の分注器にペーストを充填して冷却孔内に手で押出して充填するようにした。

【0033】上記のように形成した詰物を、図2に示すガスタービン翼1の冷却孔4に圧入固定または充填するに際し、実施例No. 11, 12は各々第1列11の左右に約半数宛施工し、実施例No. 13, 14は各々第2列12の左右に約半数宛施工した。また実施例No. 15～17は夫々第3～5列13～15に圧入固定した。上記のようにして詰物を冷却孔4に圧入固定または充填した後、ガスタービン翼1を120℃で2hr保持することにより、フェノール樹脂を硬化させた。

【0034】上記の詰物を施したガスタービン翼1に対し、前記実施例1～5におけると同様にTBCを施工する表面をブラスト処理し、所定の溶射処理を行なった後、空气中で加熱して（700℃、1hr）詰物を燃焼除去した。詰物による冷却孔4のマスキング効果を、詰物を施工した状態、TBCを施工した状態および詰物を

燃焼除去した状態で夫々評価した。

【0035】実施例11, 12においては、棒状体に塗布したペーストが、不均等に冷却孔の周囲に付着してしまい、時々隣接する冷却孔のペーストと一体化してしまう傾向が認められたが、目的とする詰物の機能を有するものであった。

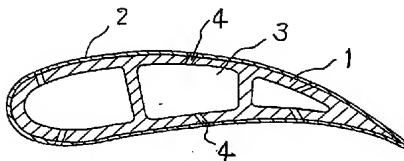
【0036】実施例13, 14のものは、ペーストのみを冷却孔の詰物としたものであるが、冷却孔へのペーストの注入量のコントロールが難しいものの、ヒドロキシエチルセルローズを混合しておいたため、ペーストの垂れは認められず、冷却孔の詰物としてほぼ目的とする機能を有するものであった。

【0037】次に実施例15のウッドセラミックスの棒状体のみを圧入した詰物では、前述の実施例1のものと同様の結果となり、棒状体の抜落ちが多く認められた。これに対して実施例16においては、棒状体の表面にフェノール樹脂を塗布したことにより、上記の抜落ち現象を防ぐことができた。

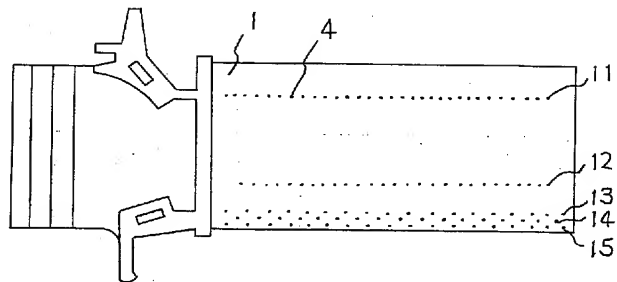
【0038】実施例17の軟かいペーストを併用した例では、圧入した冷却孔の周囲に適度にペーストを盛り付けた状態とすることができ、かつ施工が容易であり、詰物として目的の機能を有するものであった。

【0039】上記の実施例においては、ウッドセラミックス棒状体を形成する材料として、柳楊枝を使用した例について記述したが、これ以外に竹材を使用してもよく、更に他の木材を使用することができる。ウッドセラミックス棒状体とした後の強度を考慮すると、桎材のような硬い炭になる木材がよく、更に冷却孔が小口径であることから、先細の楊枝、竹串等を素材に使用することが好ましい。

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(72)発明者 市川 忠男  
兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号  
三菱重工業株式会社高砂製作所内

(72)発明者 山口 健吾  
兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号  
三菱重工業株式会社高砂製作所内

【0040】また、ペースト中に混合させるべき炭素質粉末としては、備長炭粉末に限定されず、他の炭素質材料の粉末を使用することができ、樹脂はフェノール樹脂のように非酸化性雰囲気中で加熱したときに、残留炭素の多い材料であるとよい。また冷却孔の詰物は、ブラスト処理による摩耗を避けるために、ウッドセラミックスのような硬さの大なる炭素質材料を使用するのが好ましい。

【0041】

【発明の効果】本発明は、上述の構成および作用を有することから、冷却孔を有するガスタービン翼の製作に際して、TBCの施工前に冷却孔を加工することができると共に、一度使用された冷却孔付ガスタービン翼にTBCの再施工を行なうことができ、ガスタービン翼に高品質のTBCを施工することができるという効果がある。

【0042】更に、炭素質棒状体とペーストとを併用すれば、詰物の施工が容易となり、冷却孔下流の、TBCを設けたくない傾斜面にペーストを塗布しておき、TBCを施工しない冷却部を形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の対象であるガスタービン翼の一例を示す要部横断面図である。

【図2】ガスタービン翼の一例を示す要部平面図である。

【符号の説明】

- 1 ガスタービン翼
- 2 TBC
- 3 流路
- 4 冷却孔

F ターム(参考) 3G002 BA08 BB04 CA13 CB01 EA05  
EA08 EA09  
4K031 AA02 AB03 AB08 BA01 CB22  
CB27 CB42 DA04 FA13